WANDWIDERSTAND UND ELASTIZITÄT VON BLUTGEFÄSSEN.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER

HOHEN VETERINÄR-MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER

UNIVERSITÄT BERN

VORGELEGT

VON

MAGNUS SCHMIDT,

PRAKT. TIERARZT ZU STADTILM IN THÜRINGEN.

LEIPZIG,

VEIT & COMP.

1909.

27104


22500827031

Med
K31839

WANDWIDERSTAND UND ELASTIZITÄT VON BLUTGEFÄSSEN.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER

HOHEN VETERINÄR-MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER

UNIVERSITÄT BERN

VORGELEGT

VON

MAGNUS SCHMIDT,
PRAKT. TIERARZT ZU STADTILM IN THÜRINGEN.

LEIPZIG,
VEIT & COMP.
1909.

Von der Fakultät, auf Antrag des Herrn Prof. Dr. Kronecker, zum Drucke genehmigt.

Bern, den 28. Mai 1909. Der Dekan: Dr. Rubeli.

Diese Arbeit erscheint im
Archiv für Anatomie und Physiologie. 1909. Physiologische Abteilung.

7.02950

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

SEINER LIEBEN MUTTER

IN DANKBARKEIT GEWIDMET.

WELLCOME INSTITUTE
LIBRARY

Coll.	welMOmec
Call	
No.	WH

Als Herr Dr. Scholtyssek[1] den Blutdruck in uneröffneten Arterien zu bestimmen suchte, um Grundlagen für die Sphygmomanometrie zu gewinnen, fand er die Wandwiderstände außerordentlich wechselnd.

An der Kaninchencarotis etwa 1·7 bis 2·0^{mm} Hg. Bei der sklerotischen Carotis einer jungen großen Dogge zwischen 7 und 15^{mm} Hg schwankend.

Die untersuchten Arterienstücke waren mit dem zentralen Carotisstücke verbunden, durch welches aus der Aorta des lebenden Tieres Blut floß.

Das gleiche Stück Hundecarotis, separat im Kompressionsrohre geprüft, zeigte 4·4^{mm} Hg Wandstarre.

Scholtyssek hat die Wandstarre größter Arterien von einem eben getöteten Hunde bis 3·58^{mm} Hg gefunden. In der Carotis und Cruralis ungefähr 1·8^{mm}; in großen Venen etwa 0·8^{mm}. In einem Stücke der Hundecarotis, das in Glyzerin konserviert war, 9·8^{mm}. In einer Arteria digitalis vom toten Pferde 24·4^{mm}; in der Vena digitalis 0·3^{mm}. In Radialarterien von frischen menschlichen Leichen 2·1 bis 2·4^{mm}.

Herr Prof. Dr. Kronecker stellte mir die Aufgabe, die Wandstarre von Arterienstücken, durchströmt von verschiedenen Flüssigkeiten, unter wechselnden Temperaturen, zu messen.

Die Versuchsmethoden gleichen den in Scholtysseks Arbeit beschriebenen.

[1] Dr. August Scholtyssek, Über Bestimmung des Blutdruckes in uneröffneten Arterien und über einen neuen Kapillarsphygmographen. *Dies Archiv*. 1909. Physiol. Abtlg. S. 323.

Hund 1.

Bestimmung der Quecksilbersäule, durch deren Druck die arteriellen Gefäße eines Hundes undurchgängig gemacht werden können. (Sphygmomanometrie).

Die linke Cruralis des Hundes unversehrt unter der Haut, in situ, wird durch 180^{mm} Hg undurchgängig komprimiert.

Die freigelegte Arterie, peripher ligiert und abgeschnitten, verkürzt sich von 55^{mm} Länge zu 35^{mm}; ihre Wandstarre wird im Kompressionsrohre zu 25^{mm} Höhe der Kochsalzlösung (0·6 Prozent) bestimmt.

Die rechte Cruralis in situ wird ebenfalls durch 180^{mm} Hg komprimiert undurchgängig.

Die freigelegte Cruralis wird durch 160^{mm} Hg komprimiert undurchgängig; nach peripherer Ligatur, auf feste Rinne gelegt durch 150^{mm} Hg undurchgängig, peripher durchtrennt, durch 170^{mm} Hg verschlossen. Durch Kontraktion ist der Querschnitt von 3·5 auf 3·0^{mm} gemindert.

Das 70^{mm} lange Cruralisstück verkürzte sich, nach peripherer Durchtrennung, auf 40^{mm}.

Eine mit Hg gefüllte Goldschlägerhautpelotte, auf die durch ein enges ⊥-Rohr geführte Cruralis gedrückt, macht dieselbe bei 160^{mm} Hg-Druck undurchgängig. Der gleichzeitig gemessene kymographische Blutdruck am freien Ende derselben Arterie = 160^{mm}; sinkt später auf 125, während die Pelotte erst durch 135^{mm} Druck komprimiert.

Die unversehrte linke Carotis wird jetzt durch 140^{mm} Hg (mittels Pelotte) undurchgängig gemacht.

In der Höhe der Schilddrüsenarterie abgebunden, zeigt sie 6^{mm} Durchmesser. Ein 85^{mm} lang abgemessenes, an der Ligatur abgeschnittenes Carotisstück verkürzt sich um 30^{mm} (auf 55^{mm}).

Diese peripher abgebundene Carotis, durch enges ⊥-Rohr gezogen, wird nach 170^{mm} Hg-Druck undurchgängig, während der kymographische Druck nur um 120^{mm} schwankt.

Am nächsten Tage werden die in 0·6 Prozent Kochsalzlösung aufbewahrten Stücke von Carotis, Cruralis, Vena-jugularis auf ihre Wandwiderstände geprüft, indem 40^{mm} lange Stücke zwischen Kanülen horizontal durch das ⊥-Rohr geführt werden. Die Kochsalzlösung wird im Cruralisstücke unter 80^{mm} Wasserdruck gesetzt, während durch das senkrechte Rohr auf die Außenwand der Arterie ein Druck von gleichfalls 80^{mm} wirkt. Es fließen 20 Tropfen in 1 Minute durch.

Nach mehreren Versuchen mit steigendem Innendrucke wird seltsamerweise der Durchfluß immer schwächer, so daß schließlich bei 300^{mm} Innendruck und 80^{mm} Außendruck nur noch 6 Tropfen in 1 Minute fließen.

Von der Carotis des gleichen Hundes, die zwei Tage in Kochsalzlösung gelegen, wird ein 45 mm langes Stück von 5 mm Durchmesser ins ⊥-Rohr gebracht. Es wird die Differenz vom Innen- und Außendrucke gesucht, bei welcher während 1 Minute nur 1 Tropfen ausfließt.

Außendruck H_2O	Innendruck H_2O	Wandstarre mm H_2O	= mm Hg
200	50	150	11·05
220	75	145	10·68
240	100	140	10·31
250	125	125	9·20
270	150	120	8·34
290	175	115	8·47
310	200	110	8·10

Hieraus ergibt sich: je größer der absolute Druck, desto kleiner die Wandstarre.

Am dritten Tage verhielt sich die Wandstarre folgendermaßen:

Außendruck	Innendruck	Wandstarre
100	50	50
125	75	50
150	100	50
175	125	50
200	150	50
225	175	50
250	200	50

Die Wandstarre war also unabhängig vom Druck geworden.

Die Vena jugularis, in 30 mm Länge durch den horizontalen Schenkel des ⊥-Rohres geführt, läßt mit veränderten Innen- und Außendrucken folgende Salzwassermengen durchfließen.

Wasserdruck mm innen	Wasserdruck mm außen	Ausfluß während 10″ ccm	Stromvermehrung ccm
10	0	0·5	für 50 mm Drucksteigerung
50	0	10·0	4·8
100	0	17·0	7·0
150	0	22·0	5·0
200	0	26·0	4·0
			für 10 mm Druckdifferenz
40	50	0·04	0·0
90	100	1·00	0·96
140	150	1·007	0·007
190	200	1·007	0·0

Wasserdruck mm innen	außen	Ausfluß während 10" ccm	Stromvermehrung ccm
48	50	0	für 2 mm Druckdifferenz
73	75	0	0
98	100	0	0
123	125	0	0
147	150	0	für 3 mm Druckdifferenz
172	175	0	0
197	200	0	0

Diese drei Versuchsreihen zeigen also: der Ausfluß nimmt bei kleinem Drucke mit diesem mehr zu als bei höherem. Der gleiche äußere Überdruck sperrt bei kleinem wie bei großem Innendrucke.

Hund 2.

Drei Jahre alter Schäferhund.

Die arteria cruralis in situ zeigt sphygmomanometrisch 190mm Hg-Druck, freigelegt 170mm Hg.

Als sie mit Adrenalin bepinselt worden, war sie blasser, ihr Durchmesser sank von 3·25mm auf 2·5mm. Durch 165mm Hg-Druck wurde sie komprimiert.

Sahlis Manometer zeigte 150 bis 160mm Hg-Blutdruck.

Als die Cruralis peripher abgebunden war, stieg ihr Wanddruck auf 190mm Hg.

Der kymographische Druck schwankte zwischen 150 (Minimum) und 165mm Hg (Maximum).

Mit der Goldschlägerhautpelotte unterdrückte man den Puls durch 168 bis 170mm Quecksilbersäule.

Ein 75mm langes Carotisstück, peripher abgetrennt, kontrahierte sich auf 30mm.

Die frische rechte Carotis, durch das ⊥-Rohr geführt, mit Kochsalzlösung von 38° durchströmt, zeigte folgende Verhältnisse ihrer Wandstarre.

Außendruck H_2O mm	Innendruck H_2O mm	Wandstarre mm H_2O	= mm Hg
110	50	60	4·42
125	75	50	3·68
150	100	50	3·68
195	150	45	3·31
210	175	35	2·57
225	200	25	1·84

Es nahm also die Wandstarre ab, während der Druck zunahm.

Die linke Carotis mit Blut durchströmt, Wandstarre 30 mm H_2O. Induktionsströme wirken nicht verengernd (zwei Stunden nach dem Tode des Tieres).

Vier Stunden nach dem Tode beobachtete ich folgende Änderung der Wandstarre mit der Temperatur:

100 mm bei 18°
75 „ „ 38°
25 „ „ 42°
50 „ „ 38°

3 Tropfen Adrenalin zu 15 ccm Blut gesetzt, mindern die Wandstarre auf
25 mm bei 38°

2·5 prozentige blutige Chloralhydratlösung mindert sie auf
75 mm bei 5°

nach 24 Stunden ist die Starre gesunken auf
10 mm bei 18°.

Einem narkotisierten Hunde wird ein Stück Cruralis von 90 mm Länge und 4 mm mittlerem Durchmesser freigelegt. Ausgeschnitten kontrahiert sie sich auf 50 mm Länge und 3 mm Dicke.

In aufsteigender Richtung von 38° warmem Hundeblute durchströmt, fielen während 1 Minute 3 Tropfen, wenn der Innendruck 50 mm H_2O betrug, der Außendruck 200 mm. Die Wand leistete also einen Widerstand von 150 mm H_2O, d. h. etwa 11·0 mm Hg. Einige Minuten später war bei 42° Bluttemperatur die Wandstarre auf 125 gesunken, wobei sogar nur 1 Tropfen pro Minute ausfloß. Bei 38° Temperatur stieg die Wandstarre wieder auf 150.

In absteigender Richtung (zentrifugal) wurde der Strom sistiert, wenn das 38° warme Blut unter 50 mm Wasserdruck durch die Arterie floß, während diese einem äußeren Drucke von 200 mm ausgesetzt war. Diese Wandstarre betrug also gleichfalls 150 mm. Der Widerstand ändert sich also nicht mit der Richtung.

Ein 80 mm langes Stück Carotis von 4 mm Querschnitt verkürzte sich, abgetrennt um 30 mm, wobei der Querschnitt um 1 mm abnahm.

Nachdem der Kreislauf 20 Minuten bestanden hatte, ergab sich bei 38° Temperatur als Wandstarre 200 mm H_2O; bei 42° sank die Starre auf 100 mm; bei 18° stieg sie wieder auf 175 mm H_2O.

15 ccm Blut wurden mit 3 Tropfen Adrenalinlösung (1:1000) versetzt. Von 175 mm Widerstand sank die Wandstarre auf 100 mm bei 38°.

Nachdem das Adrenalin durch normales Blut von 38° verdrängt war, ergab sich 200 mm Wandstarre: bei verschiedenen Innen- und Außendrucken.

Chloralhydrat minderte die Wandstarre auf 75 mm, reines Blut hingegen steigerte sie wieder auf 100 mm. Dies alles bei 38°.

Bei 5° Temperatur sank die Wandstarre auf 25 mm.

Nachdem 3·0 grm Chloralhydrat in Lösung durch die Jugularis in das Herz des Hundes geleitet war, war die Wandstarre

bei 38° 200 mm H_2O
„ 42° 25 „ „
„ 18° 200 „ „
„ 5° 150 „ „

Am folgenden Tage blieben sowohl bei 15° Temperatur als auch bei 42°: 25 mm Wandstarre.

Schließlich erhöhte Alkohol bei 38° die Wandstarre des durchströmten Carotisstückes auch nur auf 150 mm H_2O.

Hund 3.

Einem narkotisierten Dachshunde, mit großem Kropfe, wurde die linke Carotis freigelegt. Weder durch starke Induktionsströme noch durch konstante Ströme konnte die Carotis verengert oder verkürzt werden.

Adrenalin (1 : 1000) auf die Carotis gepinselt, machte diese blaß.

Als Kochsalzlösung von 38° unter 50 mm Druck durch das Carotisstück im ⊥-Rohre geleitet wurde, fielen, trotz Außendruckes von 250 mm H_2O, anfangs 6 Tropfen in 1 Minute. Nach etwa 10 Minuten Durchfluß fiel bloß noch 1 Tropfen in der Minute.

Die rechte Carotis, mittels Druckdifferenz von 200 mm, zentrifugal von Blut durchströmt ließ während

der 1. Minute 12 Tropfen durchtreten
„ 2. „ 16 „ „
„ 3. „ 19 „ „

Faradische Reizung änderte nichts; auch konstante Ströme hatten keine Wirkung.

1 ccm (1:1000) Adrenalinlösung ließ während 1 Minute 19 bis 17 Tropfen Blut unter 200 mm Druck durchtreten; Chloralhydrat 24 Tropfen, später 14 Tropfen.

Am folgenden Tage betrug die Wandstarre nur 25 mm H_2O anstatt 200 mm.

Die hintere Aorta eines Kaninchens von 38° warmem Blute durchströmt zeigte anfänglich eine Wandstarre von 25 mm H_2O.

Diese sank

nach 30 Minuten auf 15 mm H_2O
„ 40 „ „ 12 „ „
„ 50 „ „ 10 „ „

Damit 42° warmes Blut durch das Gefäß fließe, mußte der Überdruck auf 25 mm erhöht werden.

Bei 18° genügten 15 mm H_2O
„ 5° „ 5 „ „

Bei 18° mußte der Druck wieder auf 15 mm erhöht werden.

Ein Kaninchen, welches mit Morphium, Atropin und Jodothyrin behandelt war, zeigte bei 38°: 50 mm Wandstarre der hinteren Aorta, ebenso bei 18°. Bei 5° sank die Wandstarre auf 25 mm H_2O.

Die linke Carotis eines Hundes (des sub 2 oben besprochenen) wurde peripher abgebunden, in situ ein 75 mm langes Stück freigelegt, peripher durchtrennt, worauf es zur Länge von 40 mm sich zusammenzog. Die

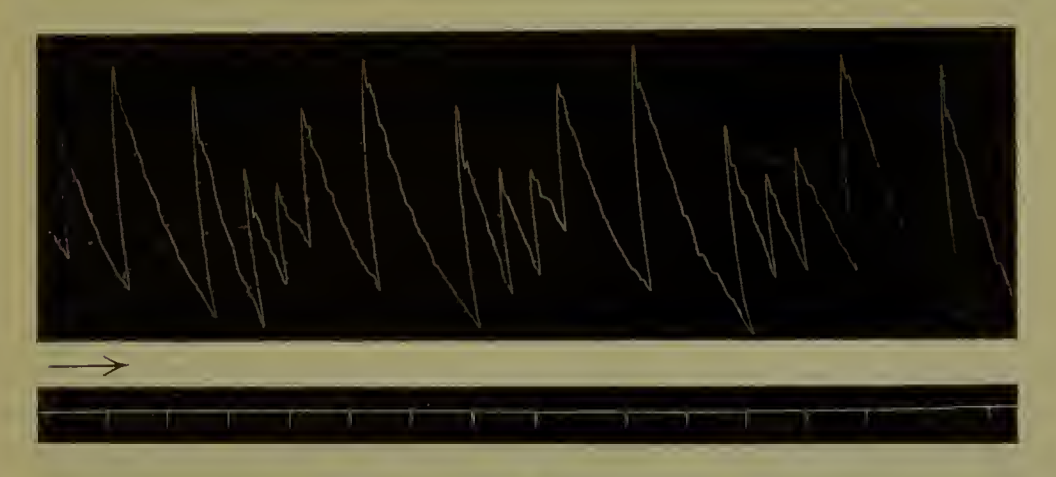


Fig. 1.
Längenschwankungen einer peripher abgebundenen Carotis vom lebenden Hunde. Darunter Sekundenmarken.

periphere Ligatur wurde mit einem 4fach vergrößernden Schreibhebel verbunden, der die Längeveränderungen der Carotis aufschrieb.

Die beifolgende Kurve Fig. 1 gibt ein Bild von den Längenveränderungen der pulsierenden Arterie.

Mit jeder Systole wurde die Arterie um 3 bis 6 mm verlängert, auch die Atemdruckschwankungen sind an der Kurve so deutlich wie mit Sphygmomanometern abzulesen. Ebenso ist die Dikrotie deutlich, und oft sieht man polykrote Pulse.

Einen ähnlichen Versuch haben wir mit einer Kaninchencarotis ausgeführt.

Diese war auf eine Strecke von 35 mm freigelegt, peripher abgebunden und abgeschnitten, wonach sie sich um 3·5 mm verkürzte. Das freie Ende

wurde mit einem 4fach vergrößernden Schreibhebel verbunden. Die Carotis war mit einem Gewichte von 1 ^{grm} gespannt. Auch hier sieht man Blutdruckschwankungen, vom Herzen und von den Atembewegungen veranlaßt, deutlich ausgeprägt (s. Fig. 2).

Mit jeder Inspiration wurde die Arterie verlängert, während der Exspiration verkürzt.

Dyspnoe verlängerte mit steigendem Blutdrucke die Arterie.

Bald nach der Verblutung des Tieres verkürzte sich die Carotis um 4^{mm}, während weiterer 8 Minuten, mit abnehmender Geschwindigkeit, um 2·5^{mm}, so daß die Gesamtverkürzung 6·5^{mm} betrug, obwohl nach der Abtrennung die vitale Kontraktion schon 3·5^{mm} gewesen war.

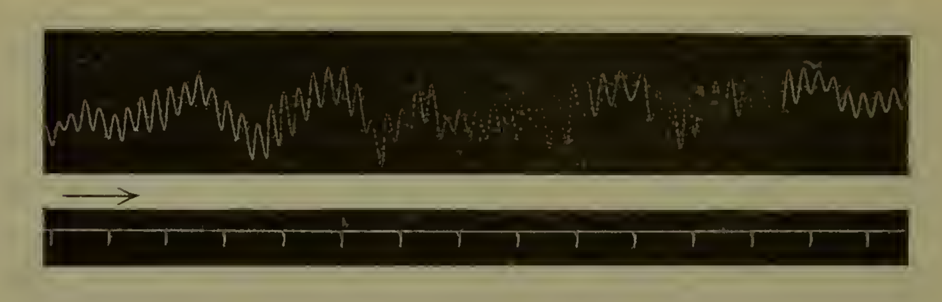


Fig. 2.
Längenschwankungen einer peripher abgebundenen Carotis vom lebenden Kaninchen. Darunter Sekundenmarken.

Resultate.

Mittels Sphygmomanometrie fanden wir an Carotiden und Crurales in natürlicher Bedeckung bei Hunden 180 bis 190^{mm} Hg Blutdruck — an freigelegten Arterien 140 bis 170^{mm} Hg — an peripher abgebundenen 150 bis 170, auch 190^{mm} Hg.

Sphygmomanometrie und Kymographie verglichen, gaben Druckverhältnisse von

160 : 160
135 : 125
170 : 120

Peripher unterbundene und dann blutgefüllt abgetrennte Arterien verkürzten sich um folgende Werte:

$$\frac{3}{7} \quad \frac{4}{7} \quad \frac{5}{9} \quad \frac{3}{5} \quad \frac{5}{8} \quad \frac{5}{8}$$

Peripher unterbundene und dann bluthaltig abgetrennte Arterien verengten sich im Verhältnis von

$$\frac{3 \cdot 5}{3 \cdot 0} \quad \frac{3 \cdot 25}{2 \cdot 5} \quad \frac{4 \cdot 0}{3 \cdot 0} \quad \frac{4 \cdot 0}{3 \cdot 0}$$

Die Wandwiderstände von Gefäßstücken, durch welche Kochsalzlösung geleitet wird, sind nicht nur mit der Gefäßart wechselnd, sondern auch mit der Zeit. Nach 24 Stunden änderte sich der Wandwiderstand nicht mehr.

Zuvor kann mit wachsendem Innendruck der Wandwiderstand wachsen, oder die Wandstarre kann abnehmen mit wachsendem Drucke, oder sie kann konstant bleiben bei wachsendem Innen- und Außendrucke.

Die Wandstarre großer Arterien kann 25^{mm} H_2O bis 150^{mm} H_2O betragen. Sie ist bei hoher Temperatur kleiner als bei niederer.

Bei der Vena jugularis genügen 2^{mm} Wasserstanddifferenz, um die Wandstarre zu überwinden: in den Druckbreiten von 50 bis 200^{mm}.

Die Richtung des Stromes in der Arterie scheint ohne Einfluß.

Ebenso haben wir vom Adrenalin und Chloralhydrat an den Stücken großer Gefäße, die wir verwandt haben, keine merklich verengernde oder erweiternde Wirkung gesehen.

Auch elektrische Reize, in Form faradischer Ströme oder Unterbrechungen und Schließungen konstanter Ströme verminderten nicht merklich den Durchfluß.

Die Herzsystolen verlängern peripher abgebundene Arterien so erheblich, daß sehr deutliche und prägnante Sphygmogramme durch die systolischen Dehnungskurven gewonnen werden, und zwar nicht bloß bei Hunden, sondern auch bei Kaninchen.

Blutleere Arterien verkürzen sich nach dem Tode des Tieres mehrere Minuten lang um recht beträchtliche Werte.

Geschichtliches.

Albrecht v. Haller führt im ersten Bande seiner Elementa physiologiae pag. 70 u. 71 Versuche von Sauvages (de pulsu) an, nach denen ein 21 Linien langes, separiertes Stück einer menschlichen Aorta sich auf 13 Linien zusammengezogen habe. Eine 27·7 Linien lange Arterie kontrahierte sich nach der Abtrennung auf 12 Linien (3 bis 5mal mehr als ein Nerv); sie konnte auf das doppelte gedehnt werden, bevor sie riß.

Senac gibt in seinem Traité du coeur 1749 (T. II, p. 199) an, daß er seinen Finger, den er in eine große angeschnittene Arterie eingeführt, heftig zusammengedrückt gefühlt habe.

Verschuir „De arteriarum et venarum vi irritabili“ p. 89, sah die Femoralis eines Hundes in fortschreitender Kontraktion, nachdem er die Wandung mit einem Skalpell gekratzt hatte; an der ebenso gereizten Carotis sah er lokale Kontraktion.

M. Vulpian „Recherches expérimentales sur la contractilité des vaisseaux“ (soc. de biologie 1858), fand die mechanischen Reize wirksamer als die elektrischen; die feinen Verzweigungen der Mesenterialarterien erregbarer als die Stämme.

Abkühlung zur Blutstillung war längst bekannt.

Haller „Dissert. sur l'irritabilité“ (Mém. sur les parties sensibles et irrit. I, p. 56) lehrte die kontrahierende Wirkung starker Säuren auf die Gefäße.

Landois „Beiträge zur Pulslehre“ (Pflügers Arch. 91; 1902) registrierte die pulsatorische Verlängerung von Arterien, ohne Maßbestimmungen.

Duccechi „Un nuovo metodo di stigmografia“ (Archivio di fisiologia di Fano 1903) ließ — gleichfalls ohne Maßbestimmungen — die Längenschwankungen pulsierender Carotiden aufzeichnen.

Mac William „Sections of human arteries“ (Physiological Proceedings June 2, 1906) fand sogar noch 3 Tage nach dem Tode menschliche Arterienstücke chemisch reizbar. In fixierenden Flüssigkeiten verdickten sich Gefäßwandungen oft um 30 Prozent.


WELLCOME INSTITUTE LIBRARY



